

# SEMICONDUCTOR CRYSTAL GROWING METHOD AND SEMICONDUCTOR MANUFACTURING DEVICE

**Publication number:** JP8236443

**Publication date:** 1996-09-13

**Inventor:** MIYAMOTO YASUMASA; ASAII CHIRO

**Applicant:** FUJI XEROX CO LTD

**Classification:**

- **international:** H01L21/205; C30B25/18; H01L21/20; C30B25/18; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/20; H01L21/205; H01L21/268

- **European:** C30B25/18; H01L21/20D

**Application number:** JP19950040818 19950228

**Priority number(s):** JP19950040818 19950228

**Also published as:**

EP0730292 (A1)

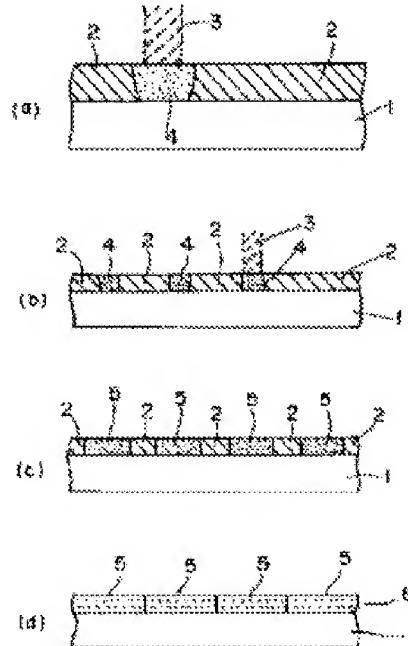
US5683935 (A1)

EP0730292 (B1)

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP8236443

**PURPOSE:** To form a polysilicon thin film composed of crystal grains having high uniformity of grain sizes by deciding the size of crystal areas based on the thickness of an amorphous semiconductor thin film so that one crystal nucleus can be formed in each crystal area and selectively imparting crystallizing energy to the crystal areas having the decided size. **CONSTITUTION:** An amorphous silicon thin film 2 having a thickness of 100nm is deposited on an insulating substrate 1 formed by depositing a silicon oxide film on the surface of a silicon substrate by using the LPCVD method. The thin film 2 is irradiated with a laser beam 3 shaped so that the diameter of the beam 3 can become about 100nm on the surface of the substrate 1. It has been learnt from tests carried out by changing the thickness of the thin film 2 in various ways that crystal grains of a uniform diameter can be obtained when crystal nuclei are formed in areas having sizes which are equal to or smaller than the five time of the thickness. Since the diameter of the laser beam 3 is made nearly equal to the thickness of the thin film 2, crystal nuclei 4 composed of single crystal grains are formed in the area irradiated with the beam 3.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-236443

(43)公開日 平成8年(1996)9月13日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 21/20  
21/205  
21/268

識別記号 庁内整理番号  
F I  
H 01 L 21/20  
21/205  
21/268

技術表示箇所  
Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L. (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平7-40818

(22)出願日 平成7年(1995)2月28日

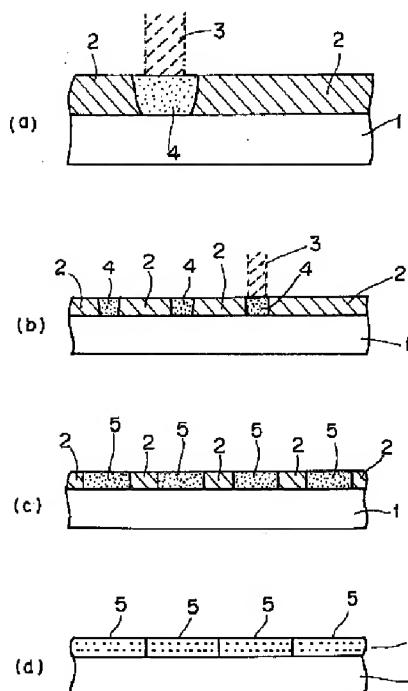
(71)出願人 000005496  
富士ゼロックス株式会社  
東京都港区赤坂二丁目17番22号  
(72)発明者 宮本 育昌  
神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ  
ックス株式会社海老名事業所内  
(72)発明者 浅井 市郎  
神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ  
ックス株式会社海老名事業所内  
(74)代理人 弁理士 木村 高久

(54)【発明の名称】 半導体結晶の成長方法および半導体製造装置

(57)【要約】

【目的】 単一の結晶粒からなる結晶核を少ない工数でスループットよく形成し、かつ結晶成長時に不要な結晶核が発生して結晶粒径がばらつかないように微小な間隔で結晶核を配置することにより、粒径の均一性が高い多結晶シリコン薄膜を歩留まりよく得ることのできる半導体結晶の成長方法を提供する。

【構成】 本願発明の特徴は、基板1表面に非晶質半導体薄膜2を形成する成膜工程と、前記非晶質半導体薄膜に選択的に第1の結晶化エネルギー3を付与し、結晶領域4を形成する第1の工程と、前記非晶質半導体薄膜に第2の結晶化エネルギーを付与することにより、前記結晶領域を結晶核として、前記非晶質半導体薄膜を結晶化する第2の工程とを含む半導体結晶の成長方法において、前記第1の工程は、前記結晶領域にそれぞれ1つづつの結晶核を形成するように、前記非晶質半導体薄膜の膜厚により結晶領域の大きさを決定する工程と、前記決定に基づいた大きさの結晶領域に、選択的に、第1の結晶化エネルギーを付与する工程とを含むことにある。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板表面に非晶質半導体薄膜を形成する成膜工程と、

前記非晶質半導体薄膜に選択的に第1の結晶化工エネルギーを付与し、結晶領域を形成する第1の工程と、

前記非晶質半導体薄膜に第2の結晶化工エネルギーを付与することにより、前記結晶領域を結晶核として、前記非晶質半導体薄膜を結晶化する第2の工程とを含む半導体結晶の成長方法において、

前記第1の工程は、前記結晶領域にそれぞれ1つづつの結晶核を形成するように、前記非晶質半導体薄膜の膜厚により結晶領域の大きさを決定する工程と、前記決定に基づいた大きさの結晶領域に、選択的に第1の結晶化工エネルギーを付与する工程とを含むことを特徴とする半導体結晶の成長方法。

【請求項2】 前記第1の工程で形成する結晶領域の大きさは前記非晶質半導体薄膜の膜厚の5倍以下であり、生成される結晶核の間隔は3μm以下であることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶の成長方法。

【請求項3】 前記第1の結晶化工エネルギーは、レーザ光エネルギーであることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶の成長方法。

【請求項4】 前記レーザ光は干渉によりその空間的強度分布が整形されており、前記非晶質半導体薄膜の所望の大きさの領域を所望の間隔で選択的にエネルギー照射できることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶の成長方法。

【請求項5】 前記第2の工程は、エネルギー光の照射により行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体結晶の成長方法。

【請求項6】 前記第2の工程は、熱処理による固相成長工程であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体結晶の成長方法。

【請求項7】 前記第2の工程は、熱処理による固相成長工程と、エネルギー光の照射工程とを含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体結晶の成長方法。

【請求項8】 基板表面に非晶質半導体薄膜を形成する成膜工程と、

前記非晶質半導体薄膜に選択的に第1の結晶化工エネルギーを付与し、結晶領域を形成する第1の工程と、

前記非晶質半導体薄膜に第2の結晶化工エネルギーを付与することにより、前記結晶領域を結晶核として、前記非晶質半導体薄膜を結晶化する第2の工程とを含む半導体結晶の成長方法において、

前記第1の工程は、前記基板表面のエリア毎に異なる大きさの結晶領域を所望の間隔で形成すべく、第1の結晶化工エネルギーを付与する工程であり、

前記第2の工程で、第2の結晶化工エネルギーを付与することにより前記第1の工程で形成されたエリア毎に大き

2

さの異なる結晶領域を結晶核として結晶化し、エリア毎に結晶粒径の異なる半導体結晶を得るようにしたことを特徴とする半導体結晶の成長方法。

【請求項9】 前記第1の工程は、干渉によりその空間的強度分布が整形され、前記非晶質半導体薄膜の所望の大きさの領域を所望の間隔で選択的にエネルギー照射できるように構成されたレーザ光を照射する工程であることを特徴とする請求項8に記載の半導体結晶の成長方法。

10 【請求項10】 被処理基板を載置する基板支持手段と、

複数のレーザ光を前記被処理基板表面に照射するレーザ照射手段と、

前記レーザ照射手段から発せられたレーザ光を、干渉によりその空間的強度分布を整形し、前記被処理基板表面の所望の大きさの領域を所望の間隔で選択的にエネルギー照射できるように構成された干渉光学系とを具備したことを特徴とする半導体製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

20 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体結晶の成長方法および半導体製造装置にかかり、特に液晶ディスプレイ、イメージセンサ、S R A M、太陽電池等の駆動回路に用いられる薄膜トランジスタ素子、バイポーラ素子、ダイオード素子、抵抗体素子、光電変換素子等の薄膜半導体素子および、電極、配線等に用いられる半導体結晶の製造に関する。

【0002】

【従来の技術】 多結晶シリコン薄膜は、非晶質シリコン薄膜に比べて移動度が2桁程度高いという優れた特性をもち、高性能の薄膜シリコン素子を形成することができる。例えば、駆動回路を形成することができる特性を有していることから、次世代の液晶ディスプレイやイメージセンサ用の薄膜トランジスタを構成することができる。また、安価なガラス基板上にも形成可能であるため、大面積のガラス基板を用いることにより、デバイスの低コスト化が可能である。このような理由から、より微細で高性能の素子をスループットよく、高歩留まりで作成する技術が必要になってきてている。特に、多結晶シリコン薄膜トランジスタの場合、多結晶シリコン薄膜は、その動作層を構成する重要な構成要素であり、他の素子においても電極や抵抗体などの重要な部分を形成する材料となる。

【0003】 ところで、L S I の集積度を上げるために半導体素子の微細化は進む一方である。微細化が進むにつれて素子を構成する多結晶シリコン薄膜領域に含まれる結晶粒の数が少なくなっているため多結晶シリコン薄膜の結晶粒径や位置のばらつきが素子特性のばらつきに与える影響が大きくなっている。そのため、素子特性の均一性が低下して歩留まりが低下し、コストの高

騰を招くという問題がある。このような状況の中で、多結晶シリコン薄膜における結晶粒径と位置を制御し、結晶粒を選択的に形成することは非常に重要となっている。

【0004】従来、選択的な結晶粒の形成方法として、例えば、特開平3-125422号、特開平5-102035号、特開平5-175149号、特開平6-97074号に種々の方法が提案されている。

【0005】例えば、特開平3-125422号には図9(a)乃至(c)に示すように、まず非晶質シリコンから固相成長により1~4μmの粒径をもつ多結晶シリコンを形成し、この後、選択的にイオン注入を行い、非晶質化し、イオン注入がなされず多結晶シリコンのまま残っている領域を核として再度固相成長を行うことにより多結晶シリコンを得る方法が提案されている。

【0006】すなわち、この方法は、石英基板1の表面に膜厚100nmの非晶質シリコン薄膜2を堆積し、600℃、50時間の固相成長により1~4μmの粒径の多結晶シリコン薄膜6を形成し、この多結晶シリコン薄膜6上に、フォトリソグラフィ法により1μm角の領域が10μm間隔の格子点状に残るようにレジスト12をパターニングする(図9(a))。

【0007】次いでシリコンイオンをイオン注入しレジスト12から露呈する領域を非晶質化し非晶質領域13を形成するとともに、レジスト12で覆われ多結晶シリコンのまま残った領域を結晶核4とする(図9(b))。

【0008】さらに、レジスト12を除去し、590℃、120時間の固相成長により、結晶粒界をほぼ10μm間隔の格子状に配し、平均粒径が10μmの結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜を得たとしている(図9(c))。

【0009】この方法では平均粒径の大きな多結晶シリコン膜を得ることができるが、1μmの結晶核を形成するために大粒径の多結晶シリコン薄膜が必要であり、スループットが悪いという問題があった。また、ガラス基板を使用するためプロセス温度を低温化しようとしても、500℃程度での固相成長では結晶化開始までに600℃の固相成長で必要な時間の数倍以上の時間が必要であるため、低温化はまず困難であった。

【0010】また固相成長により形成された結晶粒は、発生位置がランダムであり、図13(a)に示すように、図中左上、右下の1μmの開口領域19中に結晶粒界が存在しなくとも、図中右上、左下の開口領域19には結晶粒界が存在する、というように、必ず確率的に開口領域19に結晶粒界が存在していた。

【0011】このように、結晶核が複数存在し、固相成長後には1つの結晶粒となるはずの領域が複数の結晶粒で構成され、結晶粒径が大きくばらついてしまうという問題があった。

【0012】そこで、また特開平5-102035号に

は図10(a)乃至(d)に示すように、結晶核を選択的に形成するための遮光性マスクとして非晶質シリコン薄膜および二酸化シリコン薄膜の二層膜を用いて、レーザ光を照射するようにした方法が提案されている。すなわち、シリコン基板表面に酸化シリコン膜を堆積した絶縁性基板1上に、第1の非晶質シリコン薄膜14を40nm堆積する(図10(a))。

【0013】次に、膜厚500nmの酸化シリコン薄膜15、膜厚80nmの第2の非晶質シリコン薄膜16を順次堆積する。そしてこの上層のフォトリソグラフィ法によりレジストをパターニングし、第2の非晶質シリコン薄膜16および酸化シリコン薄膜15を選択的にエッチングして0.8μm径の開口を形成し、レジストを除去することにより第2の非晶質シリコン薄膜16および酸化シリコン薄膜15からなる遮光性マスク18を形成する(図10(b))。

【0014】そしてエキシマレーザ光を照射し、遮光性マスク18の開口部に露呈する第1の非晶質シリコン薄膜14を結晶化し、結晶核4を形成する(図10(c))。

【0015】さらに、この遮光性マスクとして用いた第2の非晶質シリコン薄膜16および酸化シリコン薄膜15をエッチング除去し、600℃、40時間の固相成長により結晶成長を行い、数μmの大きさの結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜6を得たとしている(図10(d))。

【0016】この方法では、遮光性マスクとして非晶質シリコン薄膜および酸化シリコン薄膜に開口を設けたものを用いているため、マスク作成および除去工程が必要であり、スループットが悪いという問題がある。

【0017】そしてさらにレーザアニールによる結晶化においては、膜厚の数倍程度の粒径の柱状結晶が形成されるのが一般的であり、この場合のように膜厚の20倍程度の開口を用いると、開口部に形成される結晶核は、実際には複数の結晶粒からなる多結晶領域20となってしまっていた(図13(b))。

【0018】さらに図10(b)からわかるように開口間隔を広くとると新たな結晶が発生し結晶粒径がばらつくという問題もあった。

【0019】そこでさらに、特開平5-175149号には図11(a)乃至(e)に示すように、非晶質シリコン膜をそのまま固相成長して結晶核を形成し、液相エッチングで結晶核を選択的に残し、この後再び非晶質シリコン膜を形成して、前記結晶核から結晶化する方法が提案されている。すなわち、絶縁性基板1上に、第1の非晶質シリコン薄膜14を堆積する(図11(a))。

【0020】次に、600℃、1~2時間の固相成長により第1の非晶質シリコン薄膜14中に1μm程度の大きさの粒径をもつ結晶核4を形成する(図11(b))。

【0021】これを液相エッチングし、絶縁性基板表面

の結晶核4のみを残す(図11(c))。この後、第2の非晶質シリコン薄膜16を堆積し(図1(d))、6～12時間の固相成長を行って、2～3μmの粒径の大きな結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜6を得たとしている(図11(e))。

【0022】この方法では、非晶質シリコン薄膜を2度堆積する必要があり、スループットが悪いという問題がある。さらにまた、固相成長により形成された結晶粒は、発生位置がランダムであり結晶核の位置を制御することができないという問題がある。

【0023】また特開平6-970745号には図12(a)乃至(d)に示すように、さらに大きな結晶核を形成すべく、他の方法も提案されている。すなわち、絶縁性基板1上に、膜厚100nmの多結晶シリコン薄膜を堆積し、イオン注入により多結晶シリコン薄膜を非晶質化し、非晶質シリコン薄膜2を形成する。続いてフォトリソグラフィによりレジスト12をパターニングし、レジスト12から露呈する所定の領域にエキシマレーザ光3を照射し結晶核4を形成する(図12(a))。

【0024】次に、550～800°C、0.5～20時間の固相成長により結晶成長を行い、結晶核4を成長して多結晶シリコン薄膜6を形成する(図12(b))。

【0025】続いて、フォトリソグラフィにより所定の領域をレジスト12で被覆しイオン注入を行いレジスト12から露呈する領域で発生した不要な結晶粒16を除去する(図12(c))。

【0026】さらに、600～800°C、0.5～20時間の固相成長によって結晶成長を行い、図12(d)に示すように、より大きな粒径の結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜6を得る。

【0027】この方法では、照射面積が小さくスループットの悪いイオン注入工程を2回を用いており、またフォトリソグラフィ法も2回用いているため、工程が複雑で、スループットが悪いという問題もあった。さらにイオン注入を用いることにより、装置コストが高騰する。

【0028】すなわち、これらの従来技術では、結晶粒を作成する際に、デバイスサイズよりも大きく仕様とするため、複雑な工程が必要となっており、スループットを悪化させていた。

【0029】また、液晶ディスプレイに用いられるような薄膜トランジスタの場合には、通常、数～数十μmのデバイスサイズであるため、これを完全に覆う粒径の結晶粒を作成するのは事実上不可能に近く、複数個の結晶粒から構成せざるを得ないため、かえって結晶粒数のばらつきを大きくしてしまうという問題があった。

【0030】また、液晶ディスプレイのように大面積デバイスに適用するためには、ガラス基板の使用が必須であり、ガラスの歪点温度を考慮するとプロセスの最高温度は500°C以下が望ましいが、非晶質シリコン薄膜の固相成長を500°Cで行うためには数十～数百時間のア

ニールが必要であり、実用的でない。これは低温になればなるほど結晶核が発生するまでに要する潜伏時間が非常に長く必要となるためであった。このことから、図9および図11に示した第1および第3の従来例ではプロセスの低温化をしようとする、スループットを改善することができないという問題があった。

#### 【0031】

【発明が解決しようとする課題】本発明は前記実情に鑑みてなされたもので、単一の結晶粒からなる結晶核を少ない工数でスループットよく形成し、かつ結晶成長時に不要な結晶核が発生して結晶粒径がばらつかないように微小な間隔で結晶核を配置することにより、粒径の均一性が高い多結晶シリコン薄膜を歩留まりよく得ることのできる半導体結晶の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0032】

【課題を解決するための手段】そこで本発明の第1の特徴は、基板表面に非晶質半導体薄膜を形成する成膜工程と、前記非晶質半導体薄膜を選択的に第1の結晶化工エネルギーを付与し、結晶領域を形成する第1の工程と、前記非晶質半導体薄膜に第2の結晶化工エネルギーを付与することにより、前記結晶領域を結晶核として、前記非晶質半導体薄膜を結晶化する第2の工程とを含む半導体結晶の成長方法において、前記第1の工程は、前記結晶領域にそれぞれ1つづつの結晶核を形成するように、前記非晶質半導体薄膜の膜厚により結晶領域の大きさを決定する工程と、前記決定に基づいた大きさの結晶領域に、選択的に、第1の結晶化工エネルギーを付与する工程とを含むことにある。

【0033】望ましくは、前記第1の工程で形成する結晶領域の大きさは前記非晶質半導体薄膜の膜厚の5倍以下であり、生成される結晶核の間隔は3μm以下である。

【0034】望ましくは、前記第1の結晶化工エネルギーは、レーザ光エネルギーである。

【0035】さらに望ましくは、前記レーザ光は干渉によりその空間的強度分布が整形されており、前記非晶質半導体薄膜の所望の大きさの領域を所望の間隔で選択的にエネルギー照射できるようにする。

【0036】また望ましくは、前記第2の工程は、エネルギー光の照射により行うことを特徴とする。

【0037】また望ましくは、前記第2の工程は、熱処理による固相成長工程であることを特徴とする。

【0038】また望ましくは、前記第2の工程は、熱処理による固相成長工程と、エネルギー光の照射工程とを含む。

【0039】本発明の第2の特徴は、基板表面に非晶質半導体薄膜を形成する成膜工程と、前記非晶質半導体薄膜に選択的に第1の結晶化工エネルギーを付与し、結晶領域を形成する第1の工程と、前記非晶質半導体薄膜に第

2の結晶化エネルギーを付与することにより、前記結晶領域を結晶核として、前記非晶質半導体薄膜を結晶化する第2の工程とを含む半導体結晶の成長方法において、前記第1の工程は、前記基板表面のエリア毎に異なる大きさの結晶領域を所望の間隔で形成すべく、第1の結晶化エネルギーを付与する工程であり、前記第2の工程で、第2の結晶化エネルギーを付与することにより前記第1の工程で形成されたエリア毎に大きさの異なる結晶領域を結晶核として結晶化し、エリア毎に結晶粒径の異なる半導体結晶を得るようにしたことにある。

【0040】望ましくは、前記第1の工程は、干渉によりその空間的強度分布が整形され、前記非晶質半導体薄膜の所望の大きさの領域を所望の間隔で選択的にエネルギー照射できるように構成されたレーザ光を照射する工程である。

【0041】本発明の第3の特徴は、被処理基板を載置する基板支持手段と、複数のレーザ光を前記被処理基板表面に照射するレーザ照射手段と、前記レーザ照射手段から発せられたレーザ光を、干渉によりその空間的強度分布を整形し、前記被処理基板表面の所望の大きさの領域を所望の間隔で選択的にエネルギー照射できるように構成された干渉光学系とを具備したことにある。

【0042】

【作用】本発明によれば、非結晶半導体薄膜の膜厚に基づいて、結晶核を形成する領域の大きさを決定し、結晶領域毎に1つの結晶核を形成するようにしているため、第1の工程では単一の結晶粒からなる結晶核をスループットよく形成することができ、結晶核を微小な間隔で配置することにより、第2の工程での新しい核の生成を防止し、粒径が等しくかつ等間隔に配置された結晶粒からなる非常に均一性の高い半導体結晶を得ることができる。

【0043】なお、第1の工程における結晶領域は非晶質半導体薄膜の膜厚の5倍以下とするのが望ましく、5倍より大きくなると、1つの結晶領域に2つ以上の結晶核が形成されてしまい、粒界に規定されて大きな結晶に成長し得ないという問題がある。さらに望ましくは結晶核すなわち結晶領域の大きさは非晶質半導体薄膜と同程度とするのが望ましい。間隔は $3\text{ }\mu\text{m}$ を越えると、隣接領域に到達するまで新しい結晶核の生成なしに成長することができず、結晶化が円滑にいかないという問題が生じる。

【0044】レーザ光を用いて結晶核を形成するようすれば、極めて短時間で良好な結晶核を制御性よく生成することができる。

【0045】またレーザ光の干渉により空間的強度分布を容易に制御性よく調整することができるため、極めて容易に所望の大きさの結晶核を所望の間隔で形成することができる。

【0046】さらに第2の工程ではレーザ光を用いれば

スループットが高く、より良い結晶性を得ることができ。しかしながら固相成長を用いる場合に比べ、わずかな領域ごとのばらつきが生じる可能性がある。

【0047】また固相成長を用いれば均一に大量処理を行うことができる。

【0048】また固相成長後にエネルギー光を照射することにより欠陥を除去することができるので、結晶性がよく非常に均一性の高い半導体結晶を得ることが可能となる。本発明の第2によれば、極めて容易に領域毎に結晶粒径の異なる多結晶シリコン領域を得ることができ、領域ごとに移動度を調整できるため、同一サイズで特性の異なる素子を容易に形成することができる。

【0049】本発明の第3によれば、レーザ光の照射方向を調整するのみで、ビーム径とその密度を極めて制御性よく調整することが可能となる。

【0050】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0051】本発明の方法では、結晶粒のばらつきを抑えるために、結晶成長に用いる結晶核が単一の結晶粒からなっていることが必要である。そこで様々な大きさのビーム径を用いて結晶化を行い、結晶核を形成した。具体的には絶縁性基板1上にLPCVD法により堆積した膜厚100nmの非晶質シリコン薄膜2に、光学系により基板上でのビーム径が約100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nmとなるように整形したレーザ光3を順次照射した。このとき、ビーム径が小さい場合には結晶核4は単一の結晶粒からなっていたが、形成される結晶核の大きさがほぼ0.6μm程度以上では、結晶核となる領域内に2つ以上の複数の結晶粒が形成されるのが観察された(図1(a))。

【0052】また結晶核4の断面をみると、ほぼ柱状の結晶となっており、レーザ光エネルギーによる結晶化であるため、欠陥がほとんどない良好な結晶粒が形成されていた(図1(b))。

【0053】さらに図示しないが、非晶質シリコン薄膜の膜厚を変化させて調べた結果、ほぼ膜厚の5倍よりも大きい結晶核となる場合には、複数の結晶粒が形成されることがわかった。これらの結果から膜厚の5倍以下の領域に結晶核を形成することにより、単一の結晶粒を得ることができることがわかった。

【0054】またさらに望ましくは膜厚と同程度の大きさの領域に結晶核を形成すると最も均一で信頼性の高い結晶核を得ることができる。

【0055】また、結晶核の形成間隔については、第2の工程での結晶成長における結晶の成長速度と核発生の潜伏時間との関係から3μm以下とするのが望ましい。

【0056】次に、実際の多結晶シリコン薄膜形成方法について説明する。

【0057】まず図2(a)に示すように、シリコン基板

表面に酸化シリコン膜を堆積した絶縁性基板1上に、LPCVD法により、膜厚100nmの非晶質シリコン薄膜2を堆積する。ついで光学系により、基板上でのビーム径が約100nmとなるように整形されたレーザ光3をこの非晶質シリコン薄膜2に照射した。このとき膜厚とビーム径とがほぼ等しいことから、ビームを照射した領域では単一の結晶粒からなる結晶核4が形成された。形成された結晶核4の大きさは、熱拡散の影響でビーム径よりも若干大きかった。

【0058】さらにレーザ光を1μm間隔でパルス的に非晶質シリコン薄膜2に照射し、格子点状に結晶核4を配置した(図2(b))。

【0059】次に、500°C 10時間の熱処理を行うことにより、結晶核4から固相における結晶成長がなされた。またレーザアニールにより形成した結晶核4以外には結晶核の発生は確認されなかった(図2(c))。

【0060】そしてさらに500°C 10時間の熱処理を行った。この熱処理によって、隣接する結晶核4のほぼ中央付近で粒界がぶつかることにより、結晶成長が終了し、1辺が1μmのほぼ正方形の結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜6が形成された(図2(d))。

【0061】また、基板全面にわたって調べた結果、新たな結晶核の発生によるより小さな結晶粒は観察されなかった。したがって結晶粒径のばらつきは3%以下と非常に小さかった。また、結晶成長距離が0.5μm程度と短いため、ここでの結晶粒における双晶などの内部欠陥も少なかった。

【0062】次に、本発明の第2の実施例について説明する。

【0063】まず図3(a)に示すように、シリコン基板表面に酸化シリコン膜を堆積した絶縁性基板1上に、LPCVD法により、膜厚100nmの非晶質シリコン薄膜2を堆積する。ついで光学系により、基板上でのビーム径が約100nmとなるように整形されたレーザ光3をこの非晶質シリコン薄膜2に照射した。このとき膜厚とビーム径とがほぼ等しいことから、前記第1の実施例の場合と同様、ビームを照射した領域では単一の結晶粒からなる結晶核4が形成された。形成された結晶核4の大きさは、熱拡散の影響でビーム径よりも若干大きかった。

【0064】さらにレーザ光を2μm間隔でパルス的に非晶質シリコン薄膜2に照射し、格子点状に結晶核4を配置した(図3(b))。

【0065】次に、500°C 60時間の熱処理を行う。この場合は、隣接する結晶核4のほぼ中央付近で粒界がぶつかることにより結晶成長が終了し、1辺が2μmのほぼ正方形の結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜6が形成された。この結晶粒においては、一部周辺部に結晶欠陥7が発生しているものがあった(図3(c))。これは成長距離が長かったため、応力などにより欠陥が誘起されたものと考えられる。

【0066】次に、KrFエキシマレーザによりエネルギー密度が300mJ/cm<sup>2</sup>のレーザ光3を用いて基板表面全体を照射した(図3(d))。

【0067】これにより結晶粒周辺の結晶欠陥7がほぼ除去され、多結晶シリコン薄膜6が形成された(図3(e))。またX線回折強度が照射前と比較して約10%向上しており、結晶欠陥7を除去したことにより、結晶性が向上したことが裏付けられた。

【0068】また、基板全面にわたって調べた結果、新たに結晶核の発生によるより小さな結晶粒は観察されなかった。したがって結晶粒径のばらつきは5%以下と非常に小さかった。

【0069】なお前記実施例においては共に結晶核の大きさを約1μmとしているので結晶成長時間が実施例1に比べて実施例2の方が長く必要であった。結晶成長時間が長くなると、あらたな結晶核が発生する可能性が高くなる。そこで、500°Cにおける核発生の潜伏時間を調べた結果、ほぼ100時間程度であることがわかった。すなわち、100時間程度までは新たな結晶核発生

20 がないため、結晶成長速度を考慮すると結晶粒の間隔を3μm程度まで広くすることが可能である。

【0070】すなわち、ほぼ形状と大きさの揃った多結晶シリコン薄膜を成長するためには、膜厚の5倍以下の結晶核を形成し、結晶核の間隔を3μm以下にすることが必要であることがわかった。

【0071】また結晶成長時間を短くするためには、結晶核の径を大きくすることも有効である。

【0072】次に、本発明の第3の実施例について説明する。

30 【0073】この例では多結晶シリコン薄膜を形成する装置について説明する。

【0074】この装置は図4に示すように、レーザ装置8とこのレーザ装置からの光を基板10に導く光学系9とを具備し、レーザ装置8から出たレーザ光3が光学系9で複数(ここでは3つ)のビームに分割され、基板10上で交わるように射出される(図4(a))。このとき複数のレーザ光3が干渉し、ビーム同士の角度に応じた干渉パターンが形成される。基板上での照射強度分布は、ビーム同士の角度に応じた特定の位置と強度分布となり、例えば図4(b)に示すように1μm間隔でレーザスポットを形成することができる。また、図5はこの装置を示す斜視図であり、レーザ発振器8から発せられるレーザ光3を、ビーム整形器(ホモジナイザ)91と、ビームスピリッタ92と、ミラー93とから構成された光学系9を、介して基板10上に導くようにしたもので、ミラー93の位置および方向を動かすことにより照射角度を変化させることができ、これにより、照射スポットの間隔を変えるなど照射条件を変更することができる。

また図6(a)はレーザ光照射時の基板付近でのレーザ光50 の位置関係を示す説明図であり、基板と平行な平面でき

ったときのレーザ光断面とその光路を示すものである。そして図6(b)はレーザ光の干渉領域を示す一部拡大図でありこのスポット領域が結晶領域に相当し、この領域に結晶核が生成される。そしてこの結晶領域の大きさおよび間隔は、レーザ光の照射角度を変化させることにより、干渉状態を変化させ、容易に調整することができる。

【0075】このように干渉レーザ光を用いることにより一度に多数の結晶核を形成することができ、よりスループットを向上することができる。

【0076】次にこの干渉レーザ光を用いて多結晶シリコン薄膜を形成する方法について説明する。

【0077】まず図7(a)に示すように、シリコン基板表面に酸化シリコン膜を堆積した絶縁性基板1上に、LPCVD法により、膜厚100nmの非晶質シリコン薄膜2を堆積する。ついで光学系を介して波長248nmのKrFエキシマレーザを用いてレーザ光3を非晶質シリコン薄膜2に照射した。このとき光学系において、入射したレーザ光は3つに分割され、基板面の垂直方向と、基板面の垂直方向から14度ずれた基板面の水平方向で直交する2つとして、基板面上で交わるように照射された。すると基板上でレーザ光3は干渉し、スポット的な強度分布が約1μm間隔の格子点状に形成された(図7(a))。

【0078】次に光学系を変更し、基板の垂直方向のみからKrFレーザ光を用いてレーザ光を照射した(図7(b))。するとビームを照射した領域では単一の結晶粒からなる結晶核4が成長し、一辺が1μmのほぼ正方形の結晶粒5からなる多結晶シリコン薄膜6が形成された。個々の結晶粒5における内部欠陥は非常に少なかった。これはレーザアーナールが液相での結晶化過程であり、一般に結晶粒5の結晶性がよいといわれていることと同様である。

【0079】また基板全面にわたって調べた結果、あらたな結晶核の発生によるより小さな結晶粒は観察されなかつた。したがつて結晶粒径のはらつきは3%以下と非常に小さかつた。

【0080】前記実施例では、基板加熱は行わなかつたが、レーザ光照射時に基板を加熱保持してもよい。基板を加熱することにより、レーザ照射で溶融したシリコンの冷却速度が遅くなり、大きな結晶粒が形成され易くなるので、より確実に単一の結晶粒からなる結晶核が形成される。基板加熱温度は、基板が熱により変形しないような温度であるのが望ましく、通常用いられる歪点が650℃程度のガラス基板では、マージンを見て500℃以下とするのが望ましい。

【0081】さらにまた、前記実施例では、第1の工程すなわち結晶核の形成に際し、基板表面全体に同一の密度で同一径の結晶領域を形成することにより、基板表面全体に均一な粒径の多結晶シリコン層を形成したが、本

発明の第4の実施例として、例えば、当該エリアR1,R2に形成される素子の種類に応じた粒径をもつようにし、図8に示すようにエリア毎に粒径の異なる多結晶シリコン層を形成するようにすることも可能である。

【0082】なお、前記実施例で用いた工程、順序等は必ずしもこれに限定されるものではない。例えば非晶質シリコンの堆積にはプラズマCVD法、ECR-CVD法、スパッタリング法、蒸着法、などの方法を用いることができる。またシリコンに限定されることなく、SiC, GaAs, InP、ダイヤモンド薄膜など他の半導体にも適用可能である。その場合には、材料のバンドギャップ、吸収係数などを考慮したたレーザを選択する必要がある。またレーザはXeCl, ArF, XeFなど他のエキシマレーザやその他のパルスレーザや連続発振レーザ、電子線赤外線ランプ、紫外線ランプなどを用いても良い。

【0083】また、レーザ光の干渉によるスポット照射には、規則的な開口を持つマスクを介する方法や、複数台のレーザ装置からのレーザ光を重ね合わせる方法など20を用いてもよい。この際には、マスクの開口は方形、三角形、その他任意の独立パターンであつてもよく、また干渉に適した幅、間隔をもつ直線や曲線などの線状のパターンであつてもよく、必要な結晶核の大きさと間隔に応じてそれらのパターン配置を決定すればよい。また複数のビームの角度は上記実施例に限定されることなく、必要な結晶核の配置にしたがつて角度を設定することができる。またその他の方法によって干渉光をつくりだすようにしてもよい。

【0084】また、基板全面に渡って結晶核の間隔を同一にする必要はなく、作成する素子の特性を満たすよう30に場所によって間隔を変え、異なる大きさの結晶粒群を成長させるようにしてもよい。

#### 【0085】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明に膜質の均一性が大幅に向上し、歩留まり良く多結晶半導体薄膜を得ることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の結晶核の形成方法を示す説明図

【図2】本発明の第1の実施例の半導体結晶の成長工程図

【図3】本発明の第2の実施例の半導体結晶の成長工程図

【図4】本発明実施例の半導体結晶成長装置を示す図

【図5】同装置を示す図

【図6】同装置による照射領域を示す説明図

【図7】同装置を用いた半導体結晶の成長工程図

【図8】本発明の第4の実施例の方法で形成した半導体結晶を示す図

【図9】従来例の半導体結晶の成長工程図

【図10】従来例の半導体結晶の成長工程図

【図11】従来例の半導体結晶の成長工程図

【図12】従来例の半導体結晶の成長工程図

【図13】従来例の方法で形成した半導体結晶および半導体装置を示す図

## 【符号の説明】

- 1 絶縁性基板
- 2 非晶質シリコン薄膜
- 3 レーザ光
- 4 結晶核
- 5 結晶粒
- 6 多結晶シリコン薄膜
- 8 レーザ装置
- 9 光学系

9 1 ピーム整形器

9 2 ピームスピリッタ

9 3 ミラー

1 0 基板

1 1 基板ホルダ

1 2 レジスト

1 3 非晶質領域

1 4 第1の非晶質シリコン薄膜

1 5 酸化シリコン膜

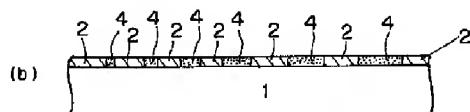
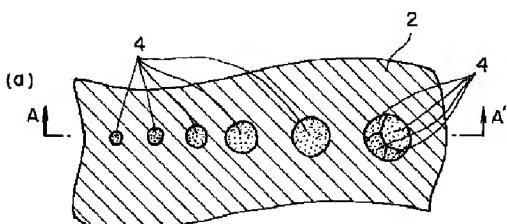
10 1 6 第2の非晶質シリコン薄膜

1 8 遮光性マスク

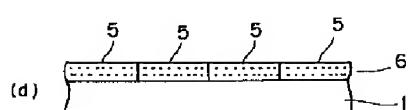
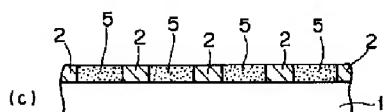
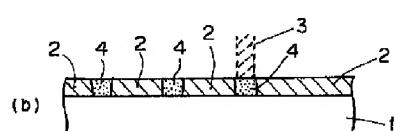
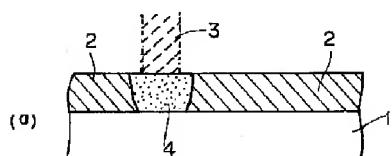
1 9 開口領域

2 0 多結晶領域

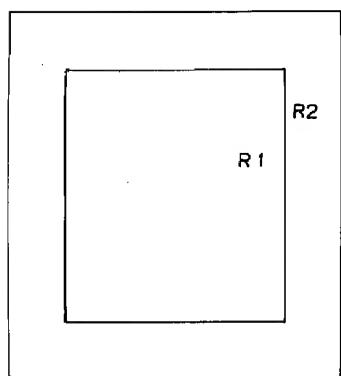
【図1】

 $0.5\mu\text{m}$ 

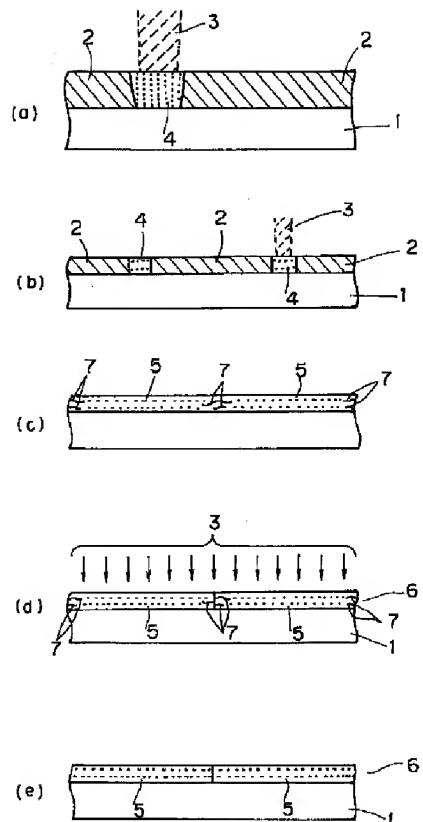
【図2】



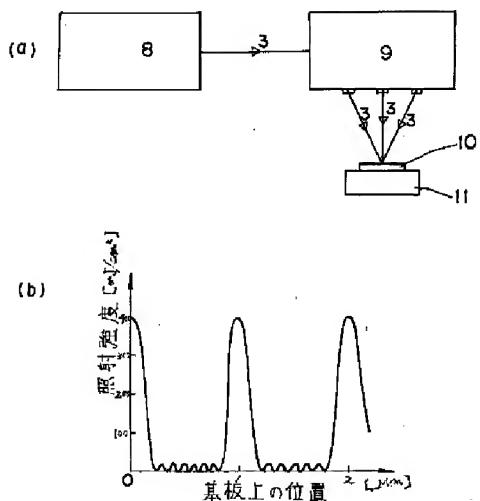
【図8】



【四】

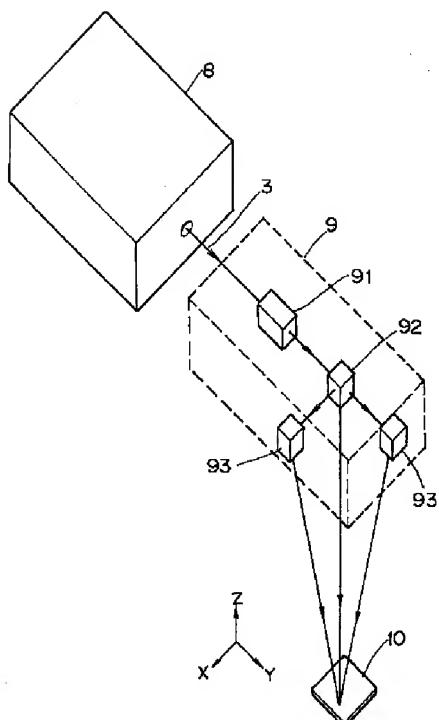
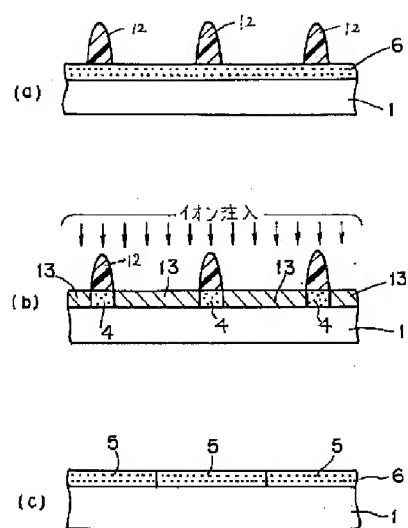


【図4】

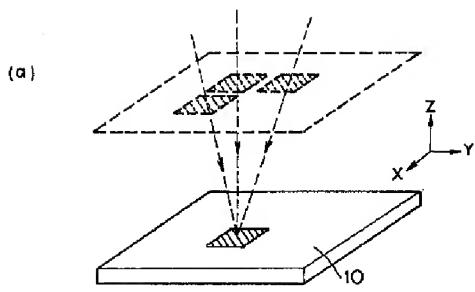


【図5】

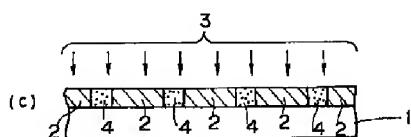
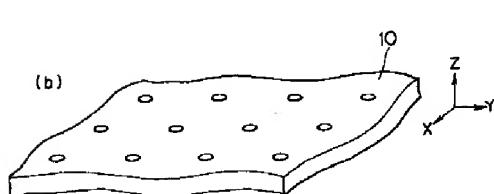
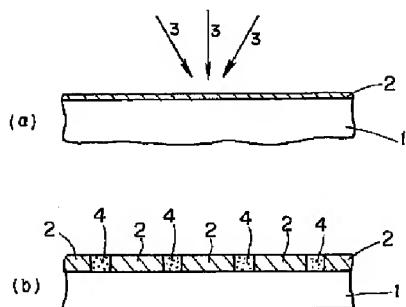
【図9】



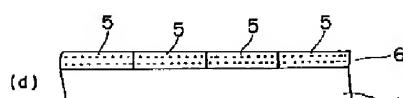
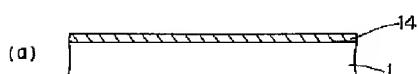
【図6】



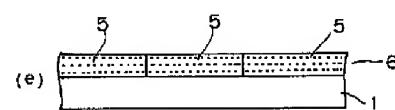
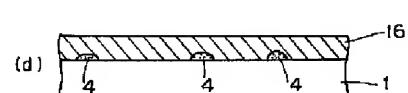
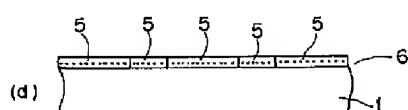
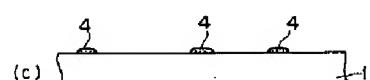
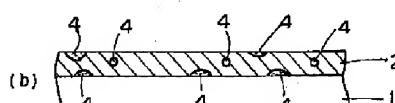
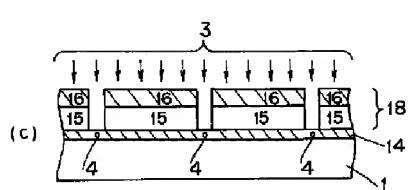
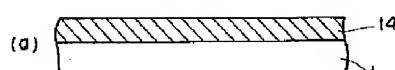
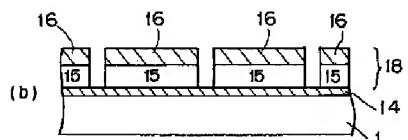
【図7】



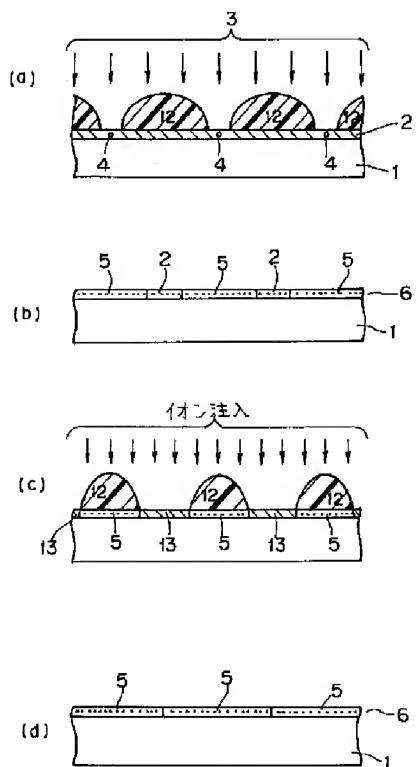
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

